Inhaltsverzeichnis

Symbole und Abkürzungen	13
1. Einleitung	15
1.1. Anstieg des elektrischen Energie- und Leistungsbedarfs und dessen Folgen	16
1.2. Synergien aus HiL-Simulationen und zentralen Fahrwerksregelungen für die Bordnetzstabilität	18
1.3. Ziel und Aufbau der Arbeit	20
2. Energieversorgung und Speicher	21
2.1. Batterietechnologien	21
2.1.1. Aufbau	21
2.1.2. Lade- und Entladevorgang	23
2.1.3. Batterietypen	24
2.1.4. Batteriemodell	26
2.2. Doppelschichtkondensatoren	27
2.2.1. Energie- und Leistungsdichte von Doppelschichtkondensatoren	28
2.2.2. Modellbildung	29
2.3. Generatoren und Lichtmaschinen	30
2.3.1. Anforderungen und Aufgaben einer Lichtmaschine	31
2.3.2. Aufbau und Funktionsweise einer Lichtmaschine	31
2.3.3. Spannungsregelung und Leistungsfähigkeit	32
2.4. Energie- und Leistungsmanagement im Serienfahrzeug	33
2.5. Leitungen und Topologien	38
3. Fahrwerk und Aktoren	43
3.1. Fahrdynamik	43
3.1.1. Das Einspurmodell	44
3.1.2. Das erweiterte Einspurmodell	50

3.2. Aktoren im Fahrwerk	52
3.2.1. Stabilisatoren	53
3.2.2. Lenkungen	54
3.3. Elektromotoren als Stellglieder für Fahrwerksaktoren	57
3.3.1. Permanentmagneterregte Synchronmaschine (PSM)	57
3.3.2. Grundgleichungen der PSM	59
3.3.3. Feldorientierte Regelung einer PSM	60
4. Leistungsoptimale Fahrwerksregelung	63
4.1. Der zentrale Fahrdynamikregelansatz	63
4.2. Modellbildung	65
4.2.1. Einfluss der Wankverteilung auf die Fahrdynamik	65
4.2.2. Linearisierung des erweiterten Einspurmodells	70
4.3. Regelungsansatz	76
4.3.1. Lineare quadratische Regelung	78
4.3.2. LQR-Regelung mit optimaler Ausgangsrückführung	86
4.3.3. Führungsgrößen und Gain-Sceduling	87
5. Fahrzeug- und Aktorsimulation	91
5.1. Fahrzeugsimulationsmodelle	91
5.1.1. Vergleich von Fahrzeugsimulationsmodellen	92
5.1.2. veDYNA Fahrzeugsimulationsmodell	93
5.2. Elektromechanische Modellbildung der Fahrzeugaktoren	94
5.2.1. Elektromechanische Wankstabilisatoren	95
5.2.2. Elektromechanische Lenkung	97
5.2.3. Elektromechanische Überlagerungslenkung	101
6. Versuchsträger und HiL-Prüfstand	107
6.1. Hardware in the Loop-Prüfstand	107
6.1.1. Prüfstandskonzept	109
6.1.2. Prüfstand	111
6.2. Versuchsträger	112
6.2.1. Fahrzeugkonzept	112
6.2.2. Erweitertes Fahrzeugbordnetz	114

7. Ergebnisse Versuchsträger und HiL-Prüfstand	115
7.1. Simulationsergebnisse des Modells am Prüfstand	115
7.1.1. Evaluierung der erweiterten Fahrzeugmodells	116
7.1.2. Leistungsoptimale Reglerabstimmung	117
7.1.3. Simulationsergebnisse am HiL-Prüfstand	120
7.2. Fahrversuche Versuchsträger	124
7.2.1. Bordnetzzustände bei LQRY-Regelung	124
7.2.2. Fahrzustände beim LQRY-Ausatz	125
7.2.3. Bewertung Leistungsverbrauch und Fahrdynamik des LQRY-Ansatzes	128
8. Zusammenfassung und Ausblick	131
8.1. Zusammenfassung	131
8.2. Ausblick	132
A. Anhang	133
A.1. Das erweiterte Einspurmodell	133
A.1.1. Einfluss des Wankfreiheitsgrades auf die Schräglaufwinkel	133
A.1.2. Darstellung des erweiterten Einspurmodells im Zustandsraum	134
A.2. Linearisierung des erweiterten Einspurmodells	135
A.3. Stabilitätsnachweis erweitertes Einspurmodell	138
A.3.1. Gierverstärkung	138
A.3.2. Eigenwertverschiebung durch Geschwindigkeit und Wankverteilung	140